

**This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

**Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.**

**Defects in the images may include (but are not limited to):**

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

09/424300

20.05.98

日 本 国 特 許  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 31 JUL 1998
WIFO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1997年 5月21日

出 願 番 号  
Application Number:

平成 9年特許願第131387号

出 願 人  
Applicant(s):

ブリヂストンメタルファ株式会社

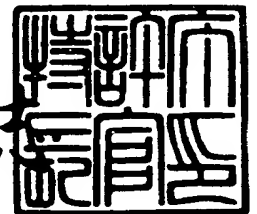
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1998年 6月19日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建



出証番号 出証特平10-3049731

【書類名】 特許願

【整理番号】 BP161

【提出日】 平成 9年 5月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 D07 B1/06

【発明の名称】 鋼線およびその製造方法

【請求項の数】 7

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県黒磯市下中野800番地 ブリヂストンメタルフ  
ァ株式会社 栃木工場内

【氏名】 金子 義和

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県黒磯市下中野800番地 ブリヂストンメタルフ  
ァ株式会社 栃木工場内

【氏名】 尾花 直彦

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県黒磯市下中野800番地 ブリヂストンメタルフ  
ァ株式会社 栃木工場内

【氏名】 藤田 益啓

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県黒磯市下中野800番地 ブリヂストンメタルフ  
ァ株式会社 栃木工場内

【氏名】 増渕 英樹

【発明者】

【住所又は居所】 栃木県黒磯市下中野800番地 ブリヂストンメタルフ  
ァ株式会社 栃木工場内

【氏名】 小林 敏行

【特許出願人】

【識別番号】 000112967

【氏名又は名称】 ブリヂストンメタルファ株式会社  
【代表者】 佐武 邦夫  
【代理人】  
【識別番号】 100096714  
【弁理士】  
【氏名又は名称】 本多 一郎  
【手数料の表示】  
【予納台帳番号】 026516  
【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
【物件名】 明細書 1  
【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9301378  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 鋼線およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 0.70から0.90重量%の炭素を含有する高炭素鋼線材に熱処理と伸線加工を施して得られる直径が0.10から0.40mmの鋼線であり、引っ張り強さ $TS$  ( $N/mm^2$ ) が次式、

$$TS \geq 2250 - 1450 \log D \quad (1)$$

(式中、 $D$ は鋼線の直径(mm)、 $\log$ は常用対数を示す)で表される関係を満足し、

かつ、軸線が直線となるように保持した鋼線に、鋼線の直径の100倍の長さ当たり3回に相当する量の捻りを加えてから元の状態に捻り戻すことを繰り返したときに、鋼線にクラックが発生するまで加えた捻り及び捻り戻しの総量である繰返し捻り試験値 $RT$  (回/100D) が、次式、

$$\log RT \geq 2 - 0.001 \{ TS - (2250 - 1450 \log D) \} \quad (2)$$

で表される関係を満足することを特徴とする鋼線。

【請求項2】 引っ張り強さが次式、

$$TS \geq 2750 - 1450 \log D \quad (3)$$

(式中、 $TS$ 、 $D$ および $\log$ は前記のものと同じものを示す)で表される関係を満足する請求項1記載の鋼線。

【請求項3】 鋼線の繰返し捻り試験値 $RT$ が、体積の10%に当たる表層部を除去したときの同鋼線の繰返し捻り試験値 $RT$ の60%以上の値を有する請求項1または2記載の鋼線。

【請求項4】 最小曲率半径が鋼線の直径の10倍から60倍となるように形付けしてゴム中に埋設され、加熱により加硫した後にゴム中から取り出された鋼線の、一方向の捻りを破断するまで加えたときの捻り量(破断捻回値)が、20回/100D以上である請求項1から3のいずれか一項記載の鋼線。

【請求項5】 請求項1記載の鋼線を製造するにあたり、熱処理を施した高炭素鋼線材に、伸線加工歪み $\varepsilon$ を次式、

$$\varepsilon = 2 \cdot \ln(d_0/d) \quad (4)$$

(式中、 $d_0$  は伸線加工前の鋼線材の直径 (mm)、 $d$  はダイス通過後の鋼線の直径 (mm)、 $\ln$  は自然対数を示す) で表したときに、①  $\varepsilon$  が 0.75 未満の伸線加工で用いるダイスの減面率を  $(22.67\varepsilon + 3)\%$  から 29% に、②  $\varepsilon$  が 0.75 以上 2.25 以下の伸線加工で用いるダイスの減面率を 20% から 29% に、③  $\varepsilon$  が 2.25 をこえる伸線加工で用いる最終ダイス以外のダイスの減面率を  $(-5.56\varepsilon + 32.5)\%$  から  $(-6.22\varepsilon + 43)\%$  に調整して湿式伸線加工を施し、④ 最終ダイスの減面率を 4% から  $(-8.3\varepsilon + 40.6)\%$  とし、⑤ 最終ダイスにおける  $\varepsilon$  を 3.0 から 4.3 とすることを特徴とする鋼線の製造方法。

【請求項 6】 最終ダイスにおける  $\varepsilon$  を 3.5 から 4.2 とする請求項 5 記載の鋼線の製造方法。

【請求項 7】 最終ダイスでの伸線加工を施した後に張力を加えながら曲げ加工を施す請求項 5 または 6 記載の鋼線の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ゴム物品の補強材等に用いられる、延性に優れた高強度鋼線およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、スチールラジアルタイヤ、高圧ホース等のゴム物品の補強に用いられる鋼線は、0.70 から 0.90 重量% 程度の炭素を含む高炭素鋼材を所定の中間線径まで伸線して熱処理と黄銅めっき処理とを施して高炭素鋼線材とし、さらに、この高炭素鋼線材を最終線径まで伸線することにより製造されている。この鋼線をゴム物品の補強に用いる場合には、単線、あるいは撚合わせてスチールコードを形成したものを未加硫ゴム中に埋設し、これを加熱してゴムの加硫及び鋼線とゴムとの接着が行われる。

【0003】

近年、省エネ、省資源に対する要請の高まりを背景として、より高強度な鋼線

の発現が望まれている。上記のような製造方法により高強度な鋼線を製造するためには、鋼線材に施す伸線加工量を増加する必要がある。ところが、伸線加工量を増加すると鋼線の延性が低下し、製造中の断線あるいは使用時の耐久性の低下等の問題が生じ易くなる。そして、可能な伸線加工量、すなわち達成可能な強度に対しては、特に表層部の延性低下が支配的要因となることがある。これは、鋼線の内部よりも表層部に伸線加工による歪みが集中し易く、内部よりも表層部の方が先に強加工に堪えなくなるためである。さらに、ダイスとの摩擦による発熱による時効硬化や潤滑不良も加わって、表層部の延性低下を助長する。そこで、このような延性の低下の問題を解決すべく、伸線技術についての改良が行われている。

【0004】

伸線技術の改良手段のひとつとして、伸線中の発熱を抑制し、時効硬化による鋼線の延性低下を抑制する技術がある。例えば、特開平8-24938号公報には、最終ダイスの摩擦係数を規制しつつ減面率を2～11%としたスキンパス伸線を施すことにより最終ダイスにおける発熱を抑制し、破壊に到るまでに与えることのできる一方向捻り変形量が大きい高強度鋼線の製造方法が開示されている。

【0005】

また、特開平8-218282号公報には、一方向捻り後、逆方向捻りを与える捻回トルク試験でのトルクの低下率が7%以内の範囲にある高強度鋼線が開示されており、その製造方法として、①ダイスのベアリング長さを短めにして引き抜き抵抗を下げ、②最終引き抜きにはダブルダイスを用いてスキンパス伸線とし、③伸線下流の数枚のダイスとして焼結ダイヤモンドニブのものを用いて引き抜き力を低減し、④潤滑液温度を低く保持する伸線方法が開示されている。

【0006】

しかしながら、上記のような伸線方法により時効硬化による延性低下の少ない鋼線を製造しても、表層部の歪み集中については本質的に改善されるものではなく、減面率を過小にした場合、表層部の歪み集中についてはかえって悪化する場合もある。このため、伸線加工直後の鋼線の延性は改善されるものの、撚線等の

加工を加えたとき、あるいはゴム中に埋設後の加熱により時効硬化が進行したときの延性の低下がかえって大きくなる場合がある。

【0007】

また、従来、鋼線の延性の試験方法として、鋼線が破断するまでに加えることのできる一方向の捻り量である破断捻回値の大小で評価する方法、あるいは、破断捻回値の大小と破断面の形態とを考慮して延性の優劣を判断する方法等が採用されていた。また、特開平8-218282号公報に開示されている発明においては、一方向に所定回数捻った後、逆方向に捻り返して鋼線が破断するまでの捻回トルク曲線により延性の優劣を判定する方法が採用されている。

【0008】

しかしながら、上記のような従来の試験において良好な特性を示す鋼線は、試験に供した時点での延性は良好であるものの、鋼線に撚線等の加工を加えた後、あるいはさらに加熱により時効硬化した後の延性が良好であるとは限らず、これを補強材として使用したゴム物品の耐久性の向上が保証されるものではないという問題がある。

【0009】

また、ゴム物品補強用のスチールコードを製造するときに鋼線に施される加工は、鋼線に与えられる最小曲率半径にして鋼線直径の約10倍から150倍程度の範囲であるが、この中でも、特に下記に例示するようなスチールコードの製造においては、最小曲率半径が素線直径の10倍から60倍程度の厳しい形付けとなる。このため、従来の鋼線を素線として用いた場合、形付けに伴う延性の低下が特に著しく、ゴム中での加熱による延性低下も大きいという問題点がある。

(1) 素線の形付けを大きくしたいいわゆるオープン構造のコード

(2) 多角形の螺旋形付けあるいは波形付けを予め施した素線を撚り合わせてなるコード

(3) 波形付けした素線をコアとした層撚り構造のコード

【0010】

一方、高強度化に伴う延性の低下を抑制するための別の手段として、伸線加工によって導入される加工歪みの分布の均一化を図り、加工歪みが最大となる表層

部の延性低下を抑制する技術が開示されている。例えば、特開平7-305285号公報には、①伸線加工歪み $\varepsilon$  ( $\varepsilon = 2 \cdot \ln(d_0/d)$ )、 $d_0$  = 伸線加工前の鋼線材の直径(mm)、 $d$  = ダイス通過後の鋼線の直径(mm)、 $\ln$  = 自然対数)が0.75未満の伸線加工で用いるダイスの減面率を( $22.67\varepsilon + 3$ )%から29%の範囲に、② $\varepsilon$ が0.75以上2.25以下の伸線加工で用いるダイスの減面率を20%から29%の範囲に、③ $\varepsilon$ が2.25をこえる伸線加工で用いるダイスの減面率を( $-6.22\varepsilon + 43$ )%から( $-5.56\varepsilon + 32.5$ )%の範囲に調整して伸線することを特徴とする鋼線の製造方法が開示されている。

【0011】

このような製造方法によれば、表層部の実質的な加工歪みは抑制されるが、伸線加工中の発熱による時効硬化の抑制効果は不十分であり、伸線速度を増加すると、伸線加工時あるいは撚線加工時に断線が生じ易くなり、経済的な生産が困難であるという問題点がある。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、上記の従来技術の問題点をふまえ、撚線加工時においても断線し難い優れた延性を持ち、かつ撚線等の加工を加えても、あるいはさらに加熱により時効硬化しても延性の低下が少ない高強度鋼線と、それを経済的に製造する方法とを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは種々実験、検討の結果、前記課題を解決するためには、①鋼線の表層部の実質的な歪みを、特定の繰返し捻り試験値に基づき評価、規定すること、および②これを経済的に製造するためには、伸線加工によって導入される加工歪みの分布の均一化を図りつつも、最終ダイスの減面率を適性範囲とすることが極めて重要であることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0014】

即ち、本発明は下記の通りであり、請求項1から4に係る発明は、優れた延性

を持ち、かつ撚線等の加工を加えても、あるいはさらに加熱により時効硬化しても延性の低下が少ない鋼線に関し、また請求項5から7に係る発明は、かかる鋼線を経済的に製造する方法に関するものである。

【0015】

請求項1に係る発明は、0.70から0.90重量%の炭素を含有する高炭素鋼線材に熱処理と伸線加工を施して得られる直径が0.10から0.40mmの鋼線であり、引っ張り強さTS (N/mm<sup>2</sup>) が次式、

$$TS \geq 2250 - 1450 \log D \quad (1)$$

(式中、Dは鋼線の直径(mm)、logは常用対数を示す) で表される関係を満足し、

かつ、軸線が直線となるように保持した鋼線に、鋼線の直径の100倍の長さ当たり3回に相当する量の捻りを加えてから元の状態に捻り戻すことを繰り返したときに、鋼線にクラックが発生するまで加えた捻り及び捻り戻しの総量である繰返し捻り試験値RT (回/100D) が、次式、

$$\log RT \geq 2 - 0.001 \{ TS - (2250 - 1450 \log D) \} \quad (2)$$

で表される関係を満足することを特徴とする鋼線である。

【0016】

請求項2に係る発明は、上記鋼線において、引っ張り強さが次式、

$$TS \geq 2750 - 1450 \log D \quad (3)$$

(式中、TS、Dおよびlogは前記のものと同じものを示す) で表される関係を満足するものである。

【0017】

請求項3に係る発明は、表層部への加工歪みの集中が少ない鋼線であり、上記鋼線において、鋼線の繰返し捻り試験値RTが、一体積の10%に当たる表層部を除去したときの同鋼線の繰返し捻り試験値RTの60%以上の値を有するものである。

【0018】

請求項4に係る発明は、特にゴム物品の補強材として好適に使用される鋼線であり、上記鋼線において、最小曲率半径が鋼線の直径の10倍から60倍となる

ように形付けしてゴム中に埋設され、加熱により加硫した後にゴム中から取り出された上記鋼線の、一方向の捻りを破断するまで加えたときの捻り量（破断捻回値）が、20回/100D以上であるものである。

【0019】

請求項5に係る発明は、上記鋼線を製造するにあたり、熱処理を施した高炭素鋼線材に、伸線加工歪み $\varepsilon$ を次式、

$$\varepsilon = 2 \cdot \ln(d_0/d) \quad (4)$$

（式中、 $d_0$ は伸線加工前の鋼線材の直径（mm）、 $d$ はダイス通過後の鋼線の直径（mm）、 $\ln$ は自然対数を示す）で表したときに、① $\varepsilon$ が0.75未満の伸線加工で用いるダイスの減面率を $(22.67\varepsilon + 3)\%$ から29%に、② $\varepsilon$ が0.75以上2.25以下の伸線加工で用いるダイスの減面率を20%から29%に、③ $\varepsilon$ が2.25をこえる伸線加工で用いる最終ダイス以外のダイスの減面率を $(-5.56\varepsilon + 32.5)\%$ から $(-6.22\varepsilon + 43)\%$ に調整して湿式伸線加工を施し、④最終ダイスの減面率を4%から $(-8.3\varepsilon + 40.6)\%$ とし、⑤最終ダイスにおける $\varepsilon$ を3.0から4.3とすることを特徴とするものである。

【0020】

請求項6に係る発明は、超高強度鋼線を経済的に製造することを可能にする鋼線の製造方法であり、上記鋼線の製造方法において、最終ダイスにおける $\varepsilon$ を3.5から4.2とするものである。

【0021】

請求項7に係る発明は、上記鋼線の製造方法をさらに効果的にする発明であり、上記鋼線の製造方法において、最終ダイスでの伸線加工を施した後に張力を加えながら曲げ加工を施すものである。

【0022】

【発明の実施の形態】

本発明において採用する上記繰返し捻り試験を具体的に説明する。この試験は、軸線が直線となるように保持した鋼線に、鋼線の直径の100倍の長さ当たり3回に相当する量の捻りを繰返し与え、鋼線にクラックを発生させる試験であ

る。試験中の鋼線の軸線を直線に保持するためには、鋼線の軸線方向に軽く張力を掛けておく。この鋼線をまず所定回数 $N_o$ 回捻り、この時点から逆方向に同量だけ捻り戻すことによりもとの状態に戻す。これを1サイクルとして繰り返し、鋼線にクラックを発生させる。ここで、所定回数 $N_o$ とは鋼線の直径の100倍の長さ当たり3回に相当する捻り回数であり、捻りに供される鋼線の長さを $L$  (mm)、鋼線の直径を $D$  mmとすれば、式 $N_o = 3 \times (L / 100 D)$ で表される値である。

### 【0023】

また、繰返し捻り試験値 $RT$ とは、上記の試験において鋼線にクラックが発生するまでに加えられた捻り及び捻り戻しの総量を、長さ100 $D$ 当たりの捻り回数で表した値であり、次のようにして求める。すなわち、 $N_o$ 回の捻りと捻り戻しサイクルを $n$ 回繰返した次のサイクルで、 $N_{f1}$ 回 ( $N_{f1} \leq N_o$ ) 捻った時点でクラックが発生したとすれば、繰返し捻り試験値 $RT$  (回/100 $D$ ) は、次式、

$$RT = (2nN_o + N_{f1}) / (L / 100D) \quad (5a)$$

で表される。また、 $N_o$ 回の捻りと捻り戻しサイクルを $n$ 回繰返した次のサイクルで、 $N_o$ 回捻り、ここから $N_{f2}$ 回 ( $N_{f2} \leq N_o$ ) だけ捻り戻した時点でクラックが発生したとすれば、繰返し捻り試験値 $RT$  (回/100 $D$ ) は、次式、 $RT = \{ (2n+1)N_o + N_{f2} \} / (L / 100D)$  (5b) で表される。

### 【0024】

上記繰返し捻り試験の好適条件は下記の通りである。

- (1) 捻りに供される鋼線の長さは、約50 mmとする。
- (2) 鋼線の軸線方向に掛ける張力は、鋼線の直径が0.25 mm以下のときは約1.0 kgに、0.25 mmを超えるとときは約1.5 kgとする。
- (3) 鋼線の捻り速度は、約30回/分とする。
- (4) クラック発生の検出は、クラック発生に伴うアコースティックエミッション(AE)波を検出することにより行う。AE波は、固体が変形または破壊する際の歪みエネルギーの解放によって発生する弾性波である。これをAEセンサー

を用いて電気信号としてとらえることにより、試験片が破断する以前の微小なクラック発生をも正確に検出することができ、精度よく評価することができる。

【0025】

本発明において、鋼線の延性の指標として前述した繰返し捻り試験値を採用したのは、繰返し捻り試験値の高い鋼線は、試験に供した時点での延性が高いのみならず、これに撚線等の加工を加えても、あるいは加熱により時効硬化させても延性の低下が小さいことを新規に知見したためである。

【0026】

一般に、鋼線の引っ張り強さが高いほど、あるいは鋼線の直径が大きいほど延性の確保が困難となる。このため、従来の鋼線は、次式、

$$TS \geq 2250 - 1450 \log D \quad (1)$$

および次式、

$$\log RT \geq 2 - 0.001 \{ TS - (2250 - 1450 \log D) \} \quad (2)$$

を同時に満足するものではなかったが、本発明の鋼線は、これら両者を満足し、実際にゴム物品の補強材等として使用されるときも、高い強度と優れた延性を併せ持つものである。

【0027】

鋼線の強度については、引っ張り強さ  $TS$  ( $N/mm^2$ ) が次式、

$$TS \geq 2250 - 1450 \log D \quad (1)$$

を満足すればゴム物品の補強材として好適に使用することができるが、次式、

$$TS \geq 2500 - 1450 \log D \quad (6)$$

を満足することが好ましい。さらに強度を増して引っ張り強さ  $TS$  ( $N/mm^2$ ) が次式、

$$TS \geq 2750 - 1450 \log D \quad (3)$$

を満足するようにすれば、ゴム物品の軽量化に対して顕著な効果をもたらす。

【0028】

上記のような繰返し捻り試験値が高い鋼線とするためには、鋼線の表層部の延性が、伸線加工に伴う延性低下の少ない鋼線内部の延性に近いことが望ましい。この鋼線の表層部と内部の延性の比較は、鋼線の体積の約10%に当たる表層部

を除去した鋼線の繰返し捻り試験値と、表層部を除去しない鋼線の繰返し捻り試験値とを比較することにより行うことができ、表層部を除去しない鋼線の繰返し捻り試験値が、表層部を除去した鋼線の繰返し捻り試験値の60%以上であることが好ましい。

## 【0029】

また、本発明の鋼線は厳しい形付け加工を施してから加熱により時効硬化しても延性の低下が少ないため、先に例示したような、最小曲率半径が素線直径の10倍から60倍程度の厳しい形付けが素線に対して施されるスチールコードの素線としても好適に使用することができる。この場合には、あらかじめ最小曲率半径が鋼線の直径の10倍から60倍となるように形付けしてゴム中に埋設し、加熱により加硫した後にゴム中から取り出して従来の捻回試験を行ったときに、破断捻回値が、20回/100D以上であるものを使用することが好ましく、このようにすれば、ゴム中での鋼線の延性が確実に保証される。

## 【0030】

なお、本発明の鋼線をゴム物品の補強材として使用するときには、表面にゴム接着性の皮膜を設けることができる。ゴム接着性の皮膜を設ける手段としては、熱処理を施した鋼線材の表面に黄銅めっき層を形成してから伸線加工する等の、従来の手段を適用することができる。

## 【0031】

次に、本発明の鋼線の製造方法について説明する。

引っ張り強さTSと繰返し捻り試験値RTとが本発明に適合する鋼線を製造するためには、伸線加工に伴う鋼線表層部への加工歪みの集中を極力抑制することが肝要である。一般に、ダイスアプローチ角度が小さい程、あるいはダイスの減面率が大きいほど加工歪みの分布は均一となり、鋼線表層部への加工歪みの集中は緩和される。しかしながら、実際の操業においては、ダイス加工精度、潤滑性あるいは鋼線の破断強度等を考慮して伸線条件を設定することが必要である。すなわち、ダイスアプローチ角度を過小にあるいはダイスの減面率を過大に設定すると、良好な潤滑が困難となってかえって表層部の歪みが増加したり、断線が増加したりして、生産性良く経済的に製造することが困難となる。

## 【0032】

そこで、本発明の鋼線の製造方法においては、熱処理を施した高炭素鋼線材を伸線加工して鋼線を製造するにあたり、伸線加工歪み $\varepsilon$ を $\varepsilon = 2 \cdot \ln(d_0 / d)$ としたときに、最終ダイス以外のダイスについては、① $\varepsilon$ が0.75未満の伸線加工で用いるダイスの減面率を $(22.67\varepsilon + 3)\%$ から29%に、② $\varepsilon$ が0.75以上2.25以下の伸線加工で用いるダイスの減面率を20%から29%に、③ $\varepsilon$ が2.25をこえる伸線加工で用いる最終ダイス以外のダイスの減面率を $(-5.56\varepsilon + 32.5)\%$ から $(-6.22\varepsilon + 43)\%$ に調整するとともに、④最終ダイスについては、減面率を4%から $(-8.3\varepsilon + 40.6)\%$ の範囲に調整し、⑤最終ダイスにおける $\varepsilon$ を3.0から4.3とする。すなわち、最終ダイス以外のダイスの減面率については特開平7-305285号公報に開示された条件を採用しつつも、最終ダイスの減面率については、同公報に開示された条件よりも低い範囲に調整することを要する。

## 【0033】

最終ダイスの減面率を特に上記の範囲としたのは次の理由による。通常の湿式連続伸線機においては、最終ダイス以外のダイスでの伸線は潤滑液中で行われるのに対し、最終ダイスを通過した鋼線は潤滑剤に浸漬されない。このため、最終ダイスの減面率を上流のダイスの減面率と同じ条件で設定すると、最終ダイス通過後の鋼線の温度が高くなって時効による延性低下が大きくなり、伸線速度の増加によってさらにそれが助長される。この問題を解決すべく、本発明者らは最終ダイスの伸線条件について実験、検討したところ、最終ダイスの減面率を4%から $(-8.3\varepsilon + 40.6)\%$ の範囲とすることにより、鋼線表層部への加工歪みを適正範囲に収めつつ伸線時の時効による延性低下を緩和することができることを見出した。最終ダイスの減面率を4%未満とした場合は伸線直後の延性は良好になるが、その後に加熱したときの時効による延性劣化が大きくなるため、下限値を4%とした。また、上限値を $(-8.3\varepsilon + 40.6)\%$ としたのは、 $\varepsilon$ 値の増加により鋼線の変形抵抗が増加したときでも加工に伴う発熱を有効に抑制し、鋼線の延性低下や潤滑の劣化による鋼線表層部の損傷を抑制するためである。このようにすることにより、伸線速度の増加あるいは超高強力鋼線の製造が従来

よりも容易となる。

【0034】

総伸線加工量、すなわち最終ダイスにおける $\varepsilon$ 値は3.0から4.3とし、目標とする鋼線の強度に応じて適宜設定するが、 $\varepsilon$ が3.5以上さらには4.0以上の強加工を必要とする超高強力鋼線の製造法として特に好適である。なお、最終ダイスにおける $\varepsilon$ 値の上限を4.3としたのは、4.3を超えると延性低下を抑制しきれなくなるためであり、好ましくは4.2を上限とする。

【0035】

また、鋼線の延性をさらに改善するために、伸線加工を施した後に張力を加えながら曲げ加工を施すことにより、表層部の加工歪みをさらに低減することができる。このようにすることにより、延性の改善と同時に表面残留応力も低減することができ、ゴム物品補強材として優れた耐久性を持つ鋼線を製造することができる。また、本発明の伸線条件にて伸線した鋼線は、十分な延性を有しているため、厳しい曲げ加工を施すときでも断線し難く、このような加工を容易に付加することができる。

【0036】

なお、ダイスの形状としては、鋼線材の伸線に一般的に使用されている形状が適用でき、例えばアプローチ角が $8^{\circ}$ から $12^{\circ}$ 、ベアリング長さが0.3Dから0.6D程度のものが使用できる。また、ダイスの材質についても焼結ダイヤモンドダイス等に制限されるものではなく、安価な超硬合金ダイスも使用できる。

【0037】

また、伸線加工に供する鋼線材としては、均一性が良好な高炭素鋼線材を用いることが好ましく、鋼線材表層部の脱炭を抑制しつつ、初析セメンタイト、初析フェライトあるいはベイナイト等の混在量が少ない均一なパーライト組織を形成するように熱処理することが好ましい。

【0038】

【実施例】

次に、本発明を実施例に基づき説明する。

(実施例1, 2、比較例1, 2)

約0.82重量%の炭素を含有する直径が約5.5mmの高炭素鋼線材を、直径が約1.67mmとなるまで乾式伸線した。この鋼線材にパテンティング熱処理と黄銅めっきを施し、黄銅めっき鋼線材を製造した。この黄銅めっき鋼線材の金属組織はほぼ均一なパーライト組織であり、JIS G3510の引っ張り試験に基づく引っ張り強さTSは約1250N/mm<sup>2</sup>であった。

【0039】

この黄銅めっき鋼線材を、2種類のパススケジュールと伸線後の曲げ加工の有無を組み合わせ、下記の表1に示す4種類の条件で伸線し、直径0.28mmの鋼線を製造した。用いた2種類のパススケジュールAおよびBの詳細を下記の表2に、各々のパススケジュールの $\epsilon$ とダイス減面率との関係を図1に夫々示す。図1に示すように、パススケジュールAは本発明の鋼線の製造方法に適合するものである。また、パススケジュールBは各ダイスの減面率を低く設定して発熱を小さくした比較例である。

【0040】

なお、伸線にあたり、アプローチ角が約12°でベアリング長さが約0.5Dの超硬合金ダイスと、スリップ式の湿式連続伸線機を使用した。また、伸線加工後の曲げ加工は、図4に示す装置を用い、約2kgの張力を付加し、直径16mmのローラ9個、カミ量6mmで行った。

【0041】

【表1】

	パススケジュール	曲げ加工
実施例1	A	無し
実施例2	A	有り
比較例1	B	無し
比較例2	B	有り

【0042】

【表2】

ダイス 番号	パススケジュールA			パススケジュールB		
	穴径 (mm)	$\epsilon$	減面率 (%)	穴径 (mm)	$\epsilon$	減面率 (%)
1	1.630	0.048	4.7	1.630	0.048	4.7
2	1.550	0.149	9.6	1.570	0.123	7.2
3	1.420	0.324	16.1	1.470	0.255	12.3
4	1.265	0.556	20.6	1.350	0.425	15.7
5	1.120	0.799	21.6	1.230	0.612	17.0
6	0.990	1.046	21.9	1.120	0.799	17.1
7	0.875	1.293	21.9	1.020	0.986	17.1
8	0.770	1.548	22.6	0.930	1.171	16.9
9	0.680	1.797	22.0	0.850	1.351	16.5
10	0.600	2.047	22.1	0.770	1.548	17.9
11	0.530	2.295	22.0	0.700	1.739	17.4
12	0.475	2.515	19.7	0.640	1.918	16.4
13	0.425	2.737	19.9	0.580	2.115	17.9
14	0.385	2.935	17.9	0.530	2.295	16.5
15	0.350	3.125	17.4	0.485	2.473	16.3
16	0.320	3.305	16.4	0.445	2.645	15.8
17	0.295	3.467	15.0	0.410	2.809	15.1
18	0.280	3.572	9.9	0.380	2.961	14.1
19				0.350	3.125	15.2
20				0.325	3.274	13.8
21				0.305	3.401	11.9
22				0.290	3.501	9.6
23				0.283	3.550	4.8
24				0.280	3.572	2.1

【0043】

おのこの条件にて製造した鋼線の、引っ張り強さTS及び繰返し捻り試験値RTを測定した。測定条件は下記の通りである。

引っ張り強さTSは、JIS G3510の引張試験に準拠して測定した。

繰返し捻り試験値RTは、図5に示す装置を用いて行った。図5において、6は試験に供する鋼線1の一端を把持する回転側チャックであり、装置ベース12上に固定された駆動機構8により、把持した鋼線1の軸線回りに回転される。7は固定側チャックであり、鋼線1の他端を回転しないように把持する。固定側チャック7は、鋼線1の軸線方向に移動できるように装置ベース12上に支持されている。固定側チャック7の鋼線1とは反対側には、プーリー10を介して重り11をぶら下げたワイヤ9が接続されており、鋼線1に張力を掛けるようになっている。

【0044】

繰返し捻り試験値RTの測定にあたり、捻りに供される鋼線の長さが50mmとなるように、回転側チャック6と固定側チャック7との間の鋼線1の長さを調整し、鋼線1の端部を回転側チャック6および固定側チャック7で把持した。また、重り11は、重さが約1.5kgのものを用了。鋼線の直径の100倍の長さ当たり3回に相当する回転数 $N_0$ は、式 $N_0 = 3 \times (L / 100D)$ より $N_0 = 5.36$ であり、駆動機構8により、回転側チャック6を時計方向へ5.36回転させてから反時計方向へ5.36回転させて元の位置に戻すことを繰り返す、鋼線1に、鋼線の直径の100倍の長さ当たり3回に相当する量の捻りを繰り返すを与えた。なお、回転側チャック6の回転速度は、約30回/分とした。

【0045】

また、クラック発生の検出は、図5において鋼線1の直下に配置したAEセンサー4により行った。また、AEセンサー4の上にはグリース5を盛りつけて鋼線1がグリース5中を貫通するようにし、AE波を効率よく検出できるようにした。なお、AEセンサーは、利得が約40dBのプリアンプを内蔵する周波数帯域90~300kHzのものを用了、50kHzのハイパスフィルタ及び1000kHzのローパスフィルタを通して利得60dBのメインアンプに接続し、メ

インアンプ出力を記録計に表示させた。試験中のノイズに起因するメインアンプ出力は±数十 $\mu$ Vであったのに対し、クラック発生時には±数百 $\mu$ Vの出力が得られ、クラック発生の時点を明確に特定することができた。

得られた結果を下記の表3に示す。

【0046】

【表3】

項目	引っ張り強さ (N/mm <sup>2</sup> )	繰返し捻り試験値 (回/100D)
実施例1	3350	57
実施例2	3346	74
比較例1	3332	15
比較例2	3322	21

【0047】

表3に示すように、実施例1及び2の鋼線は、比較例1及び2の鋼線と同様の引っ張り強さを有し、かつ比較例1及び2の鋼線に比べ大幅に高い繰返し捻り試験値を有していた。また、伸線後に曲げ加工を施した実施例2の鋼線は、実施例1の鋼線よりもさらに高い繰返し捻り試験値を示した。各々の鋼線の引っ張り強さと繰返し捻り試験値との関係を、後述する実施例3及び比較例3、4の結果と共に図3に示す。図3に示すように、実施例1及び2の鋼線は本発明に規定する繰返し捻り試験値を満たすが、比較例1及び2の鋼線はこれを満たすものではない。

【0048】

さらに、鋼線の加工歪みの分布状態を評価するため、鋼線の表層部を硝酸にて溶解除去し、表層部除去体積と繰返し捻回試験値RTとの関係を調べた。その結果を下記の表4に示す。表4に示すように、実施例1及び2の鋼線は、鋼線の表層部を除去しないとき（表層部除去体積比0%）の繰返し捻り試験値が、体積の10%に当たる表層部を除去したときの繰返し捻り試験値の60%以上であり、その中でも、伸線後に曲げ加工を施した実施例2の鋼線は特に高い値であった。

一方、比較例1及び2の鋼線の表層部を除去しないとき（表層部除去体積比0%）の繰返し捻り試験値RTは、体積の10%に当たる表層部を除去したときの繰返し捻り試験値RTの60%を大幅に下回る値であった。

【0049】

【表4】

表層部除去 体積比 (%)	繰返し捻り試験値 (回/100D)			
	実施例1	実施例2	比較例1	比較例2
0	57 (71)	74 (91)	15 (19)	21 (28)
1	61 (75)	75 (93)	20 (25)	22 (30)
5	75 (94)	78 (96)	59 (73)	59 (80)
10	80 (100)	81 (100)	75 (100)	74 (100)

\* ( ) は表層部除去体積比10%を100とした指数である。

【0050】

また、表層部除去体積と、溶解により現れた表層部のフェライトの211面X線回折ピーク半価幅との関係を調査し、フェライトの実質歪みの分布状態を比較評価した。その結果を下記の表5に示す。表5に示すように、実施例1及び2の鋼線は、鋼線の表層部を除去しないとき（表層部除去体積比0%）のフェライト211面X線回折ピーク半価幅が、比較例1及び2の鋼線よりも小さく、かつ、表層部を除去したときのフェライト211面X線回折ピーク半価幅との差が小さい。また、伸線後に曲げ加工を施した実施例2の鋼線は、鋼線の表層部を除去しないとき（表層部除去体積比0%）のフェライト211面X線回折ピーク半価幅が、実施例1の鋼線よりもさらに小さく、かつ、表層部を除去したときのフェライト211面X線回折ピーク半価幅との差がさらに小さい。このことより、本発明の製造方法により、鋼線のフェライトの実質歪みの分布は、表層部への集中度が減少してより均一となり、曲げ加工の付加によりさらに改善されたものと推定できる。

【0051】

なお、表層部のフェライトの211面X線回折ピーク半価幅の測定は、PSP

C型の検出器を備えた微小部X線回折装置を用い、下記の表6に示す条件にて行った。また、半価幅の値は、 $K\alpha 1$ 線によるピークの半価幅を計算により求めた値である。

【0052】

【表5】

表層部除去 体積比 (%)	フェライト211面X線回折ピーク半価幅 (度)			
	実施例1	実施例2	比較例1	比較例2
0	1.03	0.94	1.29	1.24
1	1.00	0.91	1.26	1.24
5	0.90	0.89	0.98	0.99
10	0.88	0.88	0.91	0.92

【0053】

【表6】

ターゲット	Co
加速電圧	40kv
電流	100mA
コリメータ径	100 $\mu$ m
計測時間	2000 秒

【0054】

さらに、ゴム補強材として使用される場合の延性を評価するため、各々の鋼線にピッチ4.5mm、振幅0.46mmの波形付けを施して、加熱時効前後の破断捻回値（1方向の捻りを鋼線に加えて破断させたときの捻り量）を測定した。

この測定は、図5に示す装置を用い、下記条件に従い回転側チャック6を、鋼線1が破断するまで1方向に回転させることにより行った。

試験長：50mm

軸線方向張力：約1.5kg

捻り速度：約30回/分

【0055】

また、形付け前の鋼線の加熱時効前後の破断捻回値も同様に測定した。これらの結果を下記の表7に示す。なお、加熱時効は、145℃に設定したオーブン中で40分間加熱することにより施した。表7に示すように、波形付け及び加熱時効を施していない比較例1および2の鋼線の破断捻回値は、実施例1及び2の鋼線の破断捻回値と同等であったが、波形付け、加熱時効あるいはこの両者を施すことにより大幅に減少し、20回/100Dを下回った。これに対し、実施例1及び2の鋼線の破断捻回値は、波形付け、加熱時効あるいはその両者を施しても減少量は小さく、20回/100Dを越える値を保持した。特に、伸線後に曲げ加工を施した実施例2の鋼線の破断捻回値は、波形付け、加熱時効あるいはこの両者を施してもほとんど減少しなかった。

【0056】

【表7】

波形付け	加熱時効	捻回値 (回/100D)			
		実施例1	実施例2	比較例1	比較例2
無し	無し	33	34	31	34
	有り	30	34	11	15
有り	無し	27	33	3	3
	有り	25	34	2	3

【0057】

さらに、各々の鋼線を用いて、下記の表8に示すような、波形付けした素線をコアとした層燃り構造のスチールコードを製造し、ゴムシート中に埋設して145℃で40分間加熱した。その後、このシート中からスチールコードを取り出してほぐし、各々の素線の破断捻回値を測定したところ、表7中の、波形付け有り、かつ加熱時効有りの場合と同様の結果が得られ、比較例1及び2の鋼線の捻回値は20回/100Dを下回ったのに対し、実施例1及び2の鋼線は、20回/100Dを越える破断捻回値を示した。

【0058】

【表8】

	本数	形付け	
		形状	最小曲率半径 (mm)
コア	1	振幅0.46mm、ピッチ4.5mmの波形付け	約4
シース	6	振幅0.92mm、ピッチ14mmの螺旋形付け	約16

【0059】

(実施例3、比較例3、4)

約0.82重量%の炭素を含有する直径が約5.5mmの高炭素鋼線材を、直径が約1.53mmとなるまで乾式伸線した。この鋼線材にパテンティング熱処理と黄銅めっきを施し、黄銅めっき鋼線材を製造した。この黄銅めっき鋼線材の金属組織はほぼ均一なパーライト組織であり、引っ張り強さは約1250N/mm<sup>2</sup>であった。

【0060】

この黄銅めっき鋼線材を下記の表9に示す3種類の条件で伸線し、直径0.19mmの超高強力鋼線を製造した。用いた3種のパススケジュールC、DおよびEの詳細を表10に、各々のパススケジュールの $\epsilon$ とダイス減面率との関係を図2に夫々示す。図2に示すように、パススケジュールCは本発明の鋼線の製造方法に適合するものである。パススケジュールDは、最終ダイス以外のダイスの減面率は本発明に適合するが、最終ダイスの減面率を最小に設定した比較例である。また、パススケジュールEは、最終ダイス以外のダイスの減面率は本発明に適合するが、最終ダイスの減面率を過大に設定した比較例である。

【0061】

なお、伸線にあたり、アプローチ角が約9°でベアリング長さが約0.5Dの超硬合金ダイスと、スリップ式の湿式連続伸線機を使用した。また、伸線加工後の曲げ加工は、図4に示す装置を用い、約2kgの張力を付加し、直径12mmのローラ20個、カミ量約3mmで行った。

【0062】

【表9】

	パススケジュール	曲げ加工
実施例3	C	有り
比較例3	D	有り
比較例4	E	有り

【0063】

【表10】

ダイス 番号	パススケジュールC			パススケジュールD			パススケジュールE		
	穴径 (mm)	$\epsilon$	減面率 (%)	穴径 (mm)	$\epsilon$	減面率 (%)	穴径 (mm)	$\epsilon$	減面率 (%)
1	1.480	0.066	6.4	1.480	0.066	6.4	1.480	0.066	6.4
2	1.390	0.192	11.8	1.390	0.192	11.8	1.390	0.192	11.8
3	1.280	0.357	15.2	1.280	0.357	15.2	1.280	0.357	15.2
4	1.155	0.562	18.6	1.155	0.562	18.6	1.155	0.562	18.6
5	1.020	0.811	22.0	1.020	0.811	22.0	1.020	0.811	22.0
6	0.900	1.061	22.1	0.900	1.061	22.1	0.900	1.061	22.1
7	0.790	1.322	23.0	0.790	1.322	23.0	0.790	1.322	23.0
8	0.700	1.564	21.5	0.700	1.564	21.5	0.700	1.564	21.5
9	0.615	1.823	22.8	0.615	1.823	22.8	0.615	1.823	22.8
10	0.545	2.064	21.5	0.545	2.064	21.5	0.545	2.064	21.5
11	0.483	2.306	21.5	0.483	2.306	21.5	0.483	2.306	21.5
12	0.430	2.538	20.7	0.430	2.538	20.7	0.430	2.538	20.7
13	0.387	2.749	19.0	0.387	2.749	19.0	0.387	2.749	19.0
14	0.350	2.950	18.2	0.350	2.950	18.2	0.350	2.950	18.2
15	0.315	3.161	19.0	0.315	3.161	19.0	0.315	3.161	19.0
16	0.285	3.361	18.1	0.285	3.361	18.1	0.285	3.361	18.1
17	0.260	3.545	16.8	0.260	3.545	16.8	0.263	3.522	14.8
18	0.241	3.696	14.1	0.240	3.705	14.8	0.243	3.680	14.6
19	0.224	3.843	13.6	0.223	3.852	13.7	0.226	3.825	13.5
20	0.208	3.991	13.8	0.207	4.001	13.8	0.212	3.953	12.0
21	0.195	4.120	12.1	0.193	4.141	13.1	0.198	4.090	12.8
22	0.190	4.172	5.1	0.190	4.172	3.0	0.190	4.172	7.9

【0064】

おのこの条件にて製造した鋼線の、引っ張り強さTS、繰返し捻り試験値R

Tおよび表層部のフェライトの211面X線回折ピーク半価幅を測定した。引っ張り強さTSおよび表層部のフェライトの211面X線回折ピーク半価幅は、実施例1と同様の条件で測定した。また、繰返し捻り試験値RTは、 $N_0 = 7.89$ 、重り11の重さを約1.0kgとし、その他の条件は実施例1と同じにして測定した。その結果を下記の表11に示す。表11に示すように、最終ダイスの減面率を適正範囲とした実施例3の鋼線は、比較例3及び4の鋼線と同様の引っ張り強さを有し、かつ比較例3及び4の鋼線に比べ大幅に高い繰返し捻り試験値を有していた。また、実施例3の鋼線表層部のフェライトの211面X線回折ピーク半価幅は、比較例3及び4の鋼線に比べ小さい値を示した。各々の鋼線の引っ張り強さと繰返し捻り試験値との関係を、前述の実施例1、2および比較例1、2の結果と共に図3に示す。図3に示すように、実施例3の鋼線は本発明に規定する繰返し捻り試験値を満たすが、比較例3及び4の鋼線はこれを満たすものではない。

【0065】

また、比較例3および4の条件で伸線している最中に、曲げ加工用のローラー通過時に断線を生じたが、実施例3の条件での伸線においては、断線は生じなかった。

【0066】

【表11】

項目	引っ張り強さ (N/mm <sup>2</sup> )	繰返し捻り試験値 (回/100D)	フェライト211面X線 回折ピーク半価幅 (度)
実施例3	4050	21	1.45
比較例3	4031	11	1.48
比較例4	4078	11	1.55

【0067】

【発明の効果】

以上に説明してきたように、本発明の鋼線は、高い強度と優れた延性を併せ持

つものであり、形付け加工や加熱時効を施しても延性の低下が少ない。このため、タイヤ用スチールコードの素線等としてゴム製品の補強材として用いるときに、優れた補強効果と耐久性を示す。

【0068】

また、本発明の鋼線の製造方法を適用することにより、上記のような優れた特性の鋼線を、断線や潤滑不良等により生産性を阻害されることなく、経済的に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

パススケジュールAおよびBの $\epsilon$ とダイス減面率との関係、並びに本発明に適合するダイス減面率の範囲を示すグラフである。

【図2】

パススケジュールC、DおよびEの $\epsilon$ とダイス減面率との関係、並びに本発明に適合するダイス減面率の範囲を示すグラフである。

【図3】

実施例および比較例の鋼線の引っ張り強さと繰返し捻り試験値との関係、並びに本発明に適合する繰返し捻り試験値の範囲を示すグラフである。

【図4】

曲げ加工装置の説明図である。

【図5】

繰返し捻り試験に用いた装置の説明図である。

【符号の説明】

- 1 鋼線
- 2 ローラ
- 3 カミ量
- 4 AEセンサー
- 5 グリース
- 6 回転側チャック
- 7 固定側チャック

特平 9-131387

8 駆動機構

9 ワイヤ

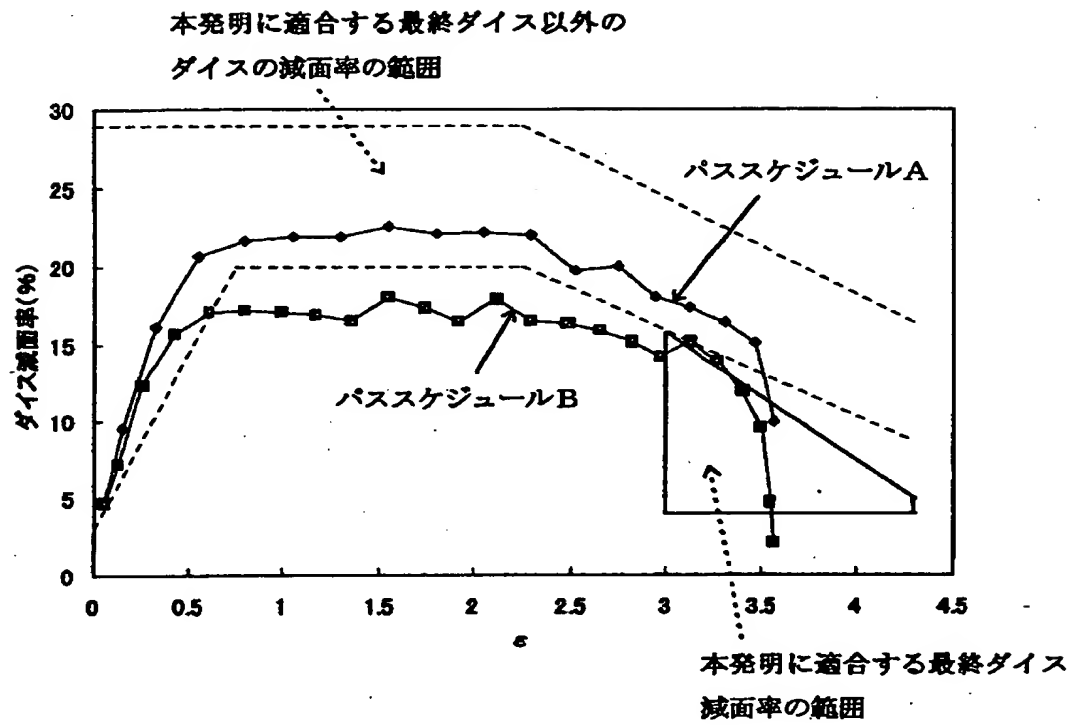
10 プーリー

11 重り

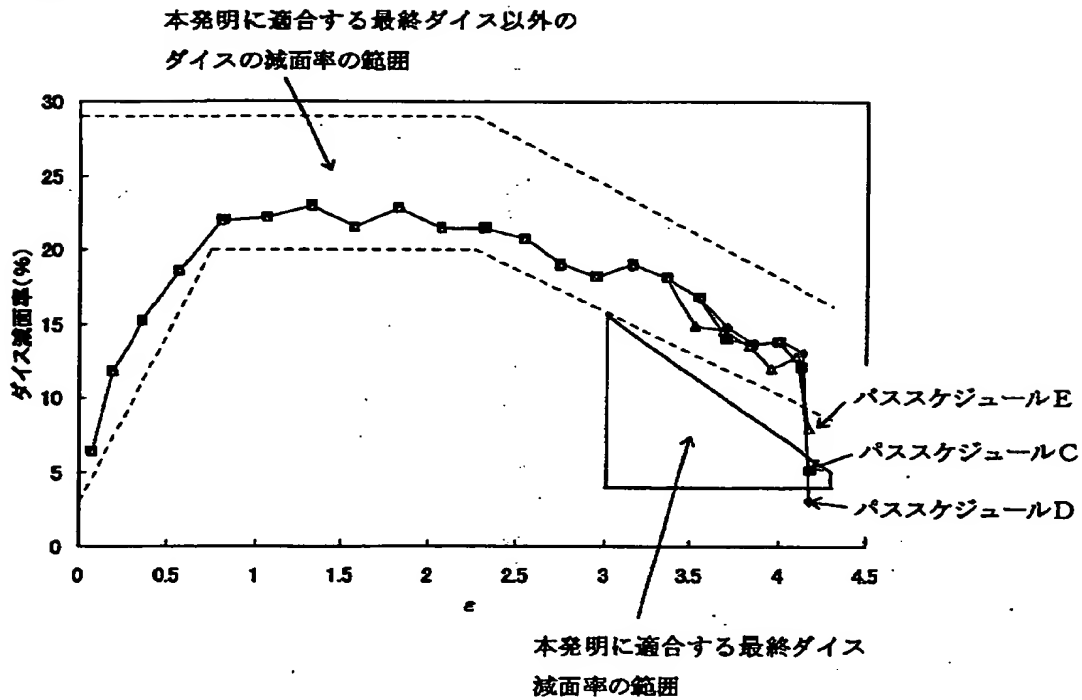
12 装置ベース

【書類名】 図面

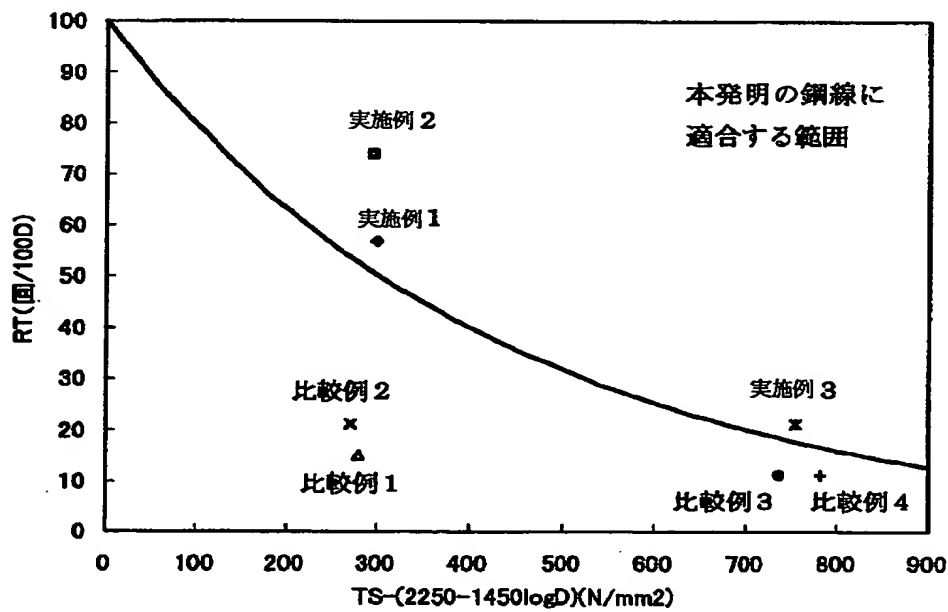
【図1】



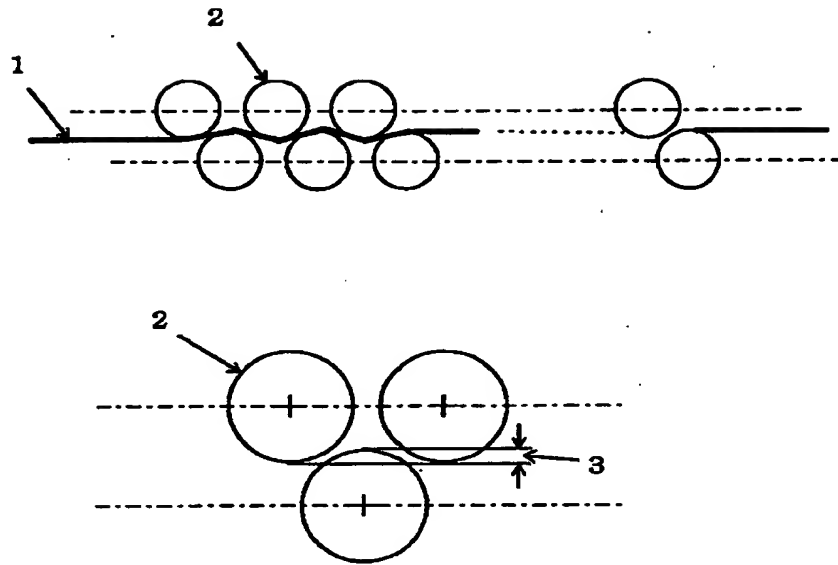
【図2】



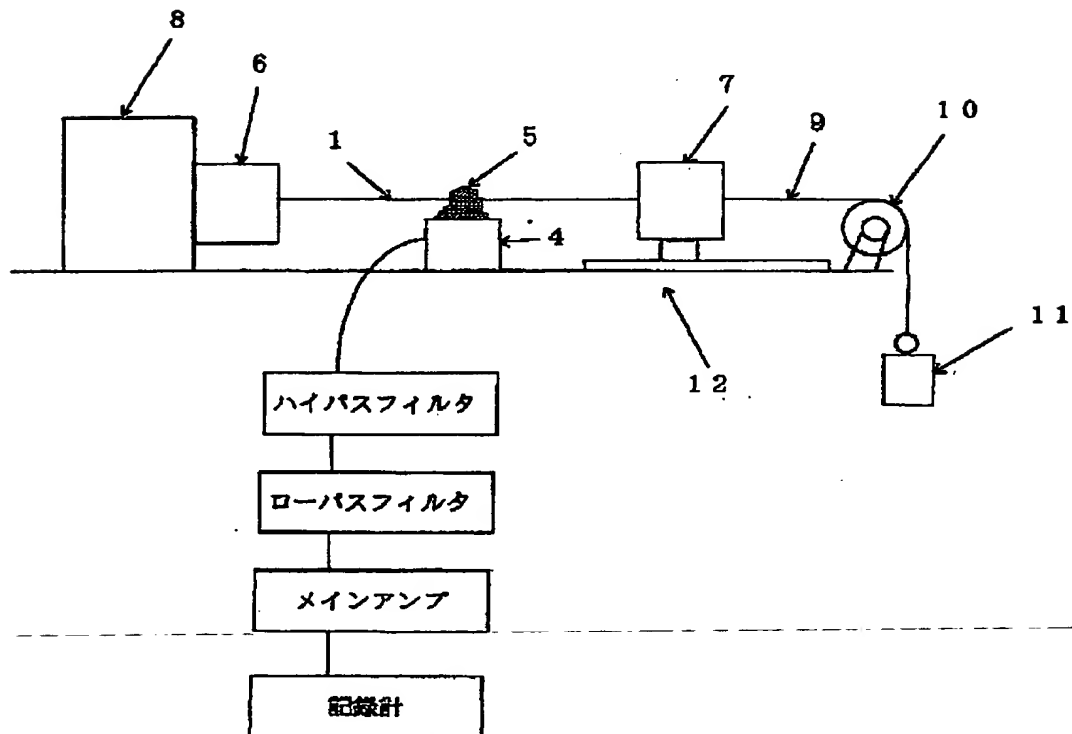
【図3】



【図4】



【図5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 撚線加工時においても断線し難い優れた延性を持ち、かつ加熱により時効硬化した後も延性の低下が少ない高強度鋼線と、それを経済的に製造する方法とを提供する。

【解決手段】 0.70から0.90重量%の炭素を含有する高炭素鋼線材に熱処理と伸線加工を施して得られる直径が0.10から0.40mmの鋼線であり、引っ張り強さ、および特定の繰返し捻り試験における繰返し捻り試験値が所定の関係を満足する鋼線およびその製造方法である。

【選択図】 図1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】  
【識別番号】 000112967  
【住所又は居所】 東京都中央区京橋1丁目18番1号  
【氏名又は名称】 ブリヂストンメタルファ株式会社  
【代理人】 申請人  
【識別番号】 100096714  
【住所又は居所】 東京都千代田区西神田2丁目5番7号 神田中央ビ  
ル2階201号室 本多国際特許事務所  
【氏名又は名称】 本多 一郎

特平 9-131387

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000112967]

1. 変更年月日	1994年 4月28日
[変更理由]	名称変更
住 所	東京都中央区京橋1丁目18番1号
氏 名	ブリヂストンメタルファ株式会社